

SIMULTANEITATEA ȘI DEFAZAJUL DATELOR

Ionescu Tone, Prof. dr. ing., Universitatea Tehnică de Construcții București
Rece Laurențiu, Prof. dr. ing., Universitatea Tehnică de Construcții București

Abstract : In the paper there are presented certain aspects regarding measuring chain with data acquisition modules.

1- INTRODUCERE

În practica inginerescă sunt cazuri în care se realizează experimentări complexe în urma cărora se măsoară mai multe mărimi fizice cu ajutorul cărora trebuie să calculeze una sau mai multe marimi fizice derivate.

Sunt foarte multe exemple de astfel de cercetări experimentale, ca de exemplu: determinarea răspunsului în frecvență al structurilor mecanice, măsurarea impedanței (sau a mobilității) mecanice, determinarea caracteristicilor de frecvență ale aparatelor, măsurarea modulului de elasticitate complex al materialelor etc.

În toate aceste situații trebuie să se verifice dacă datele cu care se realizează calculele sunt simultane, pentru că, dacă sunt defazate și se efectuează calculele fără a ține cont de defazajul lor, toate calculele pot fi compromise.

2 STUDIU DE CAZ: MĂSURAREA IMPEDANȚEI UNEI STRUCTURI MECANICE

Impedanța mecanică a unei structuri este definită ca fiind raportul dintre forța perturbatoare și viteza pe care aceasta o determină pe direcția sa, adică:

$$Z(f) = F(f) / v(f) \quad (1)$$

Privind această expresie pentru măsurarea impedanței mecanice se propune să se folosească un lanț de aparate (Fig. 1) având următoarea structură:

- generatorul de frecvență – care are rolul de a produce un semnal sinusoidal cu frecvență variabilă de tipul:

$$u_1(t) = U_{\max} \sin(\omega t); \quad (2)$$

- amplificatorul de putere - servește pentru amplificarea semnalului de excitație produs de generator la puterea necesară pentru vibrarea structurii mecanice studiate;
- vibratorul electrodinamic – care este alimentat de la amplificatorul de putere și produce o forță perturbatoare armonică de tipul:

$$F = F_{\max} \sin(\omega t + \varphi_1) \quad (3)$$

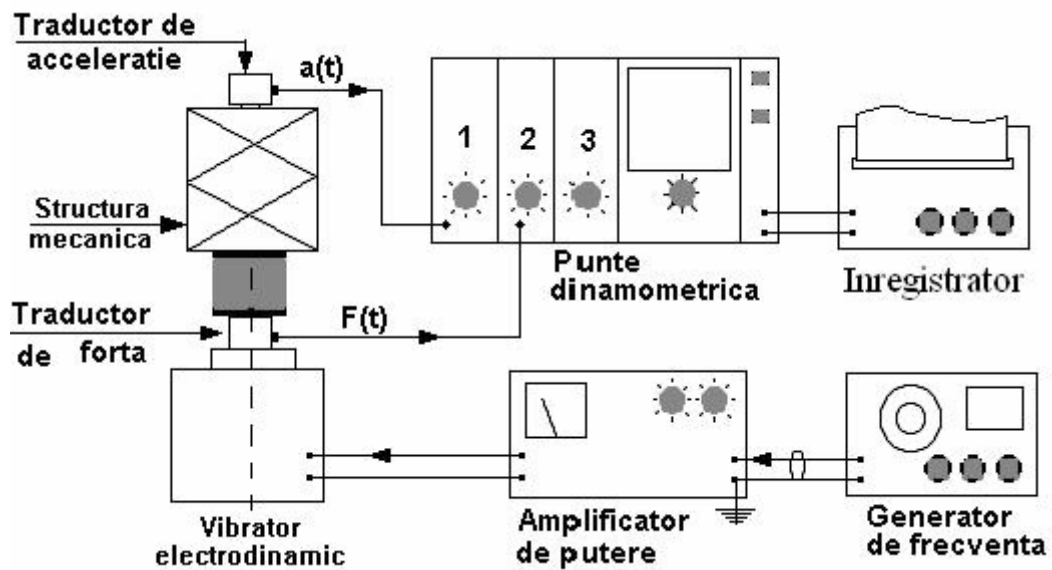


Fig. 1

- traductorul piezoelectric de forță - are rolul de a măsura forța de excitație exercitată de vibratorul electrodinamic asupra structurii mecanice testate, semnalul electric produs de acesta fiind de tipul:

$$u_F = U_F \sin(\omega t + \varphi_2) \quad \text{unde } \varphi_2 \cong \varphi_1 \quad (4)$$

- traductorul piezoelectric de accelerație - are rolul de a măsura accelerația de vibrație a structurii mecanice testate, semnalul electric produs de acesta fiind de tipul:

$$u_A = U_A \sin(\omega t + \varphi_3) \quad (5)$$

- puntea dinamometrică - are funcționalitate complexă putând avea mai multe sarcini:
 - ◆ preamplificarea semnalelor (de forță și de accelerație) oferite de cele două traductoare piezoelectrice;
 - ◆ măsurarea semnalelor de forță și de accelerație și vizualizarea acestora;
 - ◆ integrarea simplă a semnalului de accelerație pentru a se obține vitezele, adică obținerea semnalului:

$$u_V = U_V \cos(\omega t + \varphi_4) \quad (6)$$

- înregistratorul care are rolul de a stoca electronic datele măsurate sau de a le înregistra pe hârtie.

În Tabelul 1 au fost trecute valorile frecvențelor de excitație, valorile forțelor care solicită structura studiată și a vitezelor măsurate.

Tabelul 1

f, [Hz]	f_1	f_2	f_3	f_4	...	...	...
F, [daN]	F_1	F_2	F_3	F_4	...	...	...
v, [m/s]	v_1	v_2	v_3	v_4			
Z, [Kg/s]							

Dacă se vor calcula impedențele prin simpla împărțire a forțelor F_i la viteze v_i rezultatele vor fi complet eronate deoarece mărimile F_i și v_i nu sunt simultane ci defazate în timp.

Pentru rezolvarea acestei probleme trebuie ca puntea dinamometrică să se regleze pentru "aducerea în fază" a semnalelor $u_{(F(t))}$ și $u_{(a(t))}$.

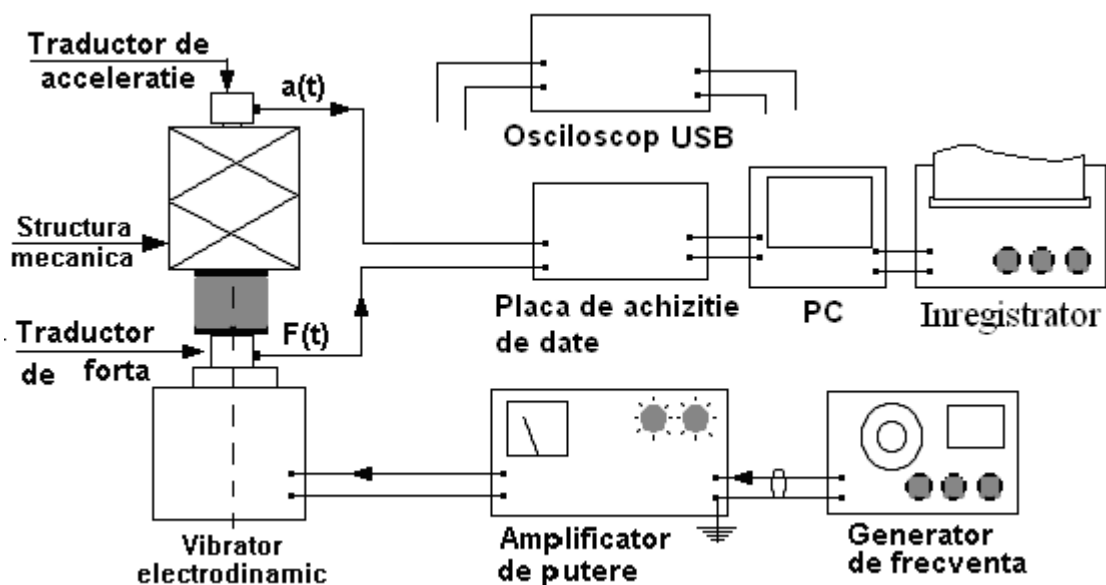


Fig. 2

Daca schema lanțului de masurare se va moderniza prin introducerea unor placi de achizitie de date (Fig. 2) lucrurile se pot complica într-o anumită măsură din următoarele motive:

- placile de achizitie de date nu au indicatii referitoare la defazajul introdus;
- placile de achizitie de date nu realizeaza integrarea semnalelor.

Primul inconvenient legat de necunoasterea defazajului introdus de placile de achizitie de date se poate rezolva prin trasarea diagramelor defazajului în functie de frecvență pentru toate canalele acestora (caracteristicile de fază).

Al doilea inconvenient se poate rezolva prin integrarea numerică a semnalului, operatie care introduce suplimentar defazajul produs de componentele calculatorului folosit.

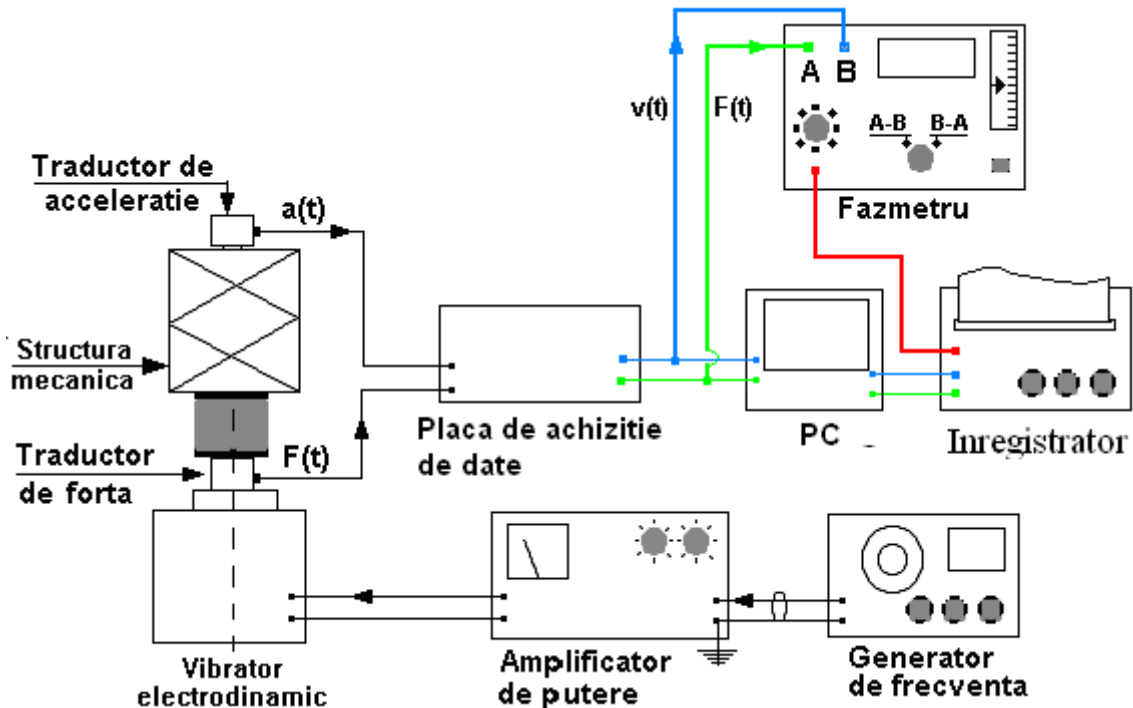


Fig. 3

Pentru calcularea corectă a impedanței mecanice cea mai precisă metodă trebuie să obțină viteza de vibrație prin integrare electronică a semnalului primit de la accelerometru pentru a se obține:

$$v(t) = V_{\max} \cos(\omega t + \varphi_4) \quad (7)$$

Deoarece forța are expresia:

$$F(t) = F_{\max} \sin(\omega t + \varphi_1) \quad (8)$$

Pentru a se măsura defazajul dintre forță și viteză trebuie ca lanțul de aparate de măsură să se completeze cu un fazmetru (Fig. 3) care are rolul de a măsura diferența de fază dintre cele două semnale de la intrare (semnalul corespunzător forței și cel corespunzător vitezei).

Corespunzător acestei scheme se va realiza tabelul final de rezultate (Tabelul 2), obținut prin completarea Tabelului 1 cu valorile defazajelor δ_j corespunzătoare fiecărei frecvențe f_j .

Tabelul 2

f, [Hz]	f_1	f_2	f_3	f_4	...	...	f_N
F, [daN]	F_1	F_2	F_3	F_4	...	...	F_N
v, [m/s]	v_1	v_2	v_3	v_4	...	...	v_N
δ, [grade]	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	...	...	δ_N
Z, [Kg/s]	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	...	...	Z_N

Impedanța mecanică va fi dată de expresia:

$$Z(\omega) = F / v = F_{\max} \sin(\omega t) / V_{\max} \cos(\omega t + \delta) \quad (9)$$

4. CONCLUZII

Utilizarea placilor de achiziții de date reprezintă o soluție modernă dar acestea trebuie folosite doar dacă se cunosc toate caracteristicile electrice ale acestora (impedanța de intrare, impedanța de ieșire, domeniul admis pentru semnalele de intrare, tip de amplificare – în curent sau în tensiune, domeniul de frecvență, caracteristica de frecvență, caracteristica de fază, factor de amplificare, raportul semnal-zgomot etc.).

Măsurile de precauție care trebuie luate pentru realizarea unor experimentări corecte trebuie să fie cu atât mai severe cu cât riscul de producere a erorilor este mai mare. De exemplu, dacă se dorește folosirea schemei din Fig. 1 pentru măsurarea modului de elasticitate complex al materialelor trebuie ca semnalul produs de traductorul piezoelectric de accelerație, dat de (5), să fie integrat de două ori pentru a se obține deplasările:

$$x_A = X_{\max} \sin(\omega t + \varphi_5) \quad (10)$$

Modulul complex al materialului testat se va determina apoi din relațiile:

$$G = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F}{A} \cdot \frac{l}{x} = \frac{l}{A} \cdot \frac{F_{\max} \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)}{X_{\max} \cdot \sin(\omega t + \varphi_5)} \quad (11)$$

În acest caz se observa ca dubla integrare a semnalului de accelerație (5), sau integrarea simplă a semnalului de viteză (6) conduce la un alt defazaj al celor două mărimi de calcul.

BIBLIOGRAFIE

- [1] – “Mechanical Vibration and Shock Measurement” – J. T. Broch – Editura Brüel & Kjær, Nærum, Denmark, 1994
- [2] – “Analiza experimentală a comportării dinamice a mașinilor” – T. Ionescu – Editura CONSPRESS, București, 2000